

医学影像人工智能系统在肺结核病影像教学中的应用

左 阳 方献柳

广西医科大学附属肿瘤医院影像中心,广西 南宁 530021

【摘要】 目前,肺结核疫情依然严峻,而传统的检查方法及诊断手段,难以满足目前的诊断需求,亦不能满足医学生培养的要求。基于人工智能技术的计算机辅助诊断(Computer-Aided Diagnosis, CAD)系统,有效提高了诊断的准确性。在医学影像学教学过程中, CAD 作为重要工具,有效促进学员知识由理论向实践转化,培养诊断思维,同时提升工作效率。

【关键词】 医学影像学;肺结核;计算机辅助诊断

据文献报道,结核病是全球主要致死的感染性疾病之一,2020 年全球约有 990 万新发结核病病例,并导致约 150 万人死亡^[1],且因结核病死亡人数 15 年来出现首次上升。我国作为结核病高发国,新发病例数约占全球患者数的 8.4%,尤以肺结核为甚。根据我国 2021 年全国法定传染病报告显示,肺结核报告发病数和死亡率均在全国法定甲乙类传染病中排第二位^[2]。影像作为肺结核重要的诊断手段,其诊断资源及诊断水平远不能满足需求,尤其对于早期活动性肺结核诊断的滞后以及难以避免的误诊、漏诊,使得结核病的传播在所难免。在医学生培养过程中,结核病虽在病理学、微生物学、医学影像学、内科学、传染病学均有所涉及,且均为重点内容,但课时有限,且学生多缺乏临床经验,难以将课堂所学知识消化并应用到实际工作中。

随着机器学习和深度学习等技术的长足发展,人工智能已被广泛应用于医学领域,尤以医学影像学的应用最具代表性,它通过将影像学图像与人工学习算法相结合,初步实现了影像征象分析及辅助诊断功能,并日趋标准化、个性化、精细化、全局化^[3],不仅给患者提供了更高质量的诊疗服务,也为医学人才的培养提供了良好的平台和新的契机。因此,本文就医学影像人工智能系统对肺结核病影像学教学中的应用作出思考和总结。

1 肺结核病影像学教学现状

肺结核病知识体系庞大,其所涉知识面包括微生物学、病理学、内科学、传染病学等。其主要

病理改变有渗出、增生以及坏死,肺结核病灶可以出现以上一种或多种病理改变,这导致了肺结核病影像学征象的复杂性。根据我国的分类方法,肺结核病被分为原发性肺结核(I型)、血行播散型肺结核(II型)、继发性肺结核(III型)及结核性胸膜炎(IV型),不同的分型具有不同的影像学表现^[4-5]。I型肺结核又称原发性肺结核,典型的影像表现为“哑铃”状的原发综合征,为肺内原发结核灶、肺内淋巴管炎以及肺门区肿大淋巴结共同构成;血行播散型肺结核表现为肺内弥漫结节,其中急性血行播散型肺结核病灶的大小、密度及分布均匀,而亚急性或慢性血行播散型肺结核多由急性发展而来,随着病程发展,病灶可增大或缩小,亦可出现钙盐沉积,因此,病灶影像表现为大小、密度及分布皆不均匀的结节;继发性肺结核由于有较多分型(主要包括浸润性肺结核、干酪样肺炎、结核球、慢性纤维空洞型肺结核等),表现更为多样,如增生性病灶可表现结节影,病灶内的干酪样坏死经支气管排出可表现为空洞,细支气管受累可表现为“树芽征”,陈旧性的病灶由于钙盐沉积表现为钙化,病灶若破坏肺组织,则肺纹理呈“柳条状”改变,并伴有大量空洞。正因其影像学征象多种多样,需要与其进行鉴别的病种较多^[5],包括不同形式的肺炎、肿瘤性疾病、水肿和出血性疾病。随着我国结核防控政策的实施,以及人民身体素质提高,肺结核病灶影像学表现趋于不典型,如原发综合征的“哑铃状”病灶或过于细小,或形态与哑铃相差甚远,造成漏诊或误诊,而典型的原发综合征教学病例,只能通过数十年前的影像学资料进行学习,从成像技术及图像分辨率,均与目前水平相差甚远,而血

行播散型肺结核现亦非常少见。此外,活动性肺结核因具有传染性,在治疗原则、传染病防治管理策略以及社会影响等方面都有巨大差异,使其诊断更具有挑战性。

正因上述原因,对于肺结核影像诊断,通过人工诊断,其敏感度、特异度及准确度均不理想,且不同级别的医疗机构对肺结核诊断准确性差异较大,误诊率、漏诊率相对较高,尤以基层医疗机构更为突出^[6],即便在同等级医院,不同医师对结核诊断的准确率也不尽相同。根据文献报道^[7-8],通过 X 线平片诊断肺结核,敏感度约从 59% ~ 78% 不等,而特异度约从 51% ~ 97% 不等,但对于粟粒性肺结核等具有相对特异性影像学征象的分型,诊断准确性相对较高。而不同医师由于水平、资历差异,即使在同级别医疗机构,其诊断一致性亦不理想^[9]。而教师水平的差异,将直接影响到肺结核临床教学的效果。

参与学习的学生主要包括临床医学专业见习生、实习生、住院医师规范化培训学员以及专业型硕士研究生。虽经学校理论学习,但其信息来源多为课本上笼统的文字描述,以及教师口头讲述,学生难以参与其中,无法将知识内化。且不同学生的学习能力及临床实践经历差异较大,教师难以抽出时间和精力针对每位同学制定出相应的教学计划。

2 影像人工智能系统概述

随着计算机科学的长足进步,人工智能方兴未艾。它是计算机科学为基础,并交叉融合多个学科,通过不同算法,模拟、扩展人类智能,并做出与人类智能类似反应的技术。其应用领域包括语音识别、图像识别、机器人等。人工智能中的机器学习及深度学习算法也已取得重大进展。

机器学习是人工智能技术的主要组成部分,而图像识别是人工智能的重要研究与开发方向,因此,对于 X 线、CT 及磁共振图像,甚至超声、心电图等图形类资料,机器学习具有独特优势。通过向计算机输入已知数据(图像),让机器根据工程师编写的规则,从已知数据中提取特征、寻找规律,并训练形成模型,并挑选出最优模型,形成诊断策略。之后,将模型进行验证,观察其与实际情况的差异性。理论上,模型与实际情况差异越小,其效能越好。

计算机辅助诊断(Computer-Aided Diagnosis, CAD)系统是机器学习的产物。目前,针对不同疾病,已有许多研发团队开发出相应的诊断系

统,如肺结节、冠状动脉 CT 血管造影^[10-11]等。目前亦有部分针对肺结核的辅助诊断系统。但由于肺结核影像征象繁多,诊断困难,因此,目前针对肺结核的 CAD 大多仅能分析某一检查方法的图像,而很难将肺多种影像学资料合并到一个 CAD 系统中。如, Lakhani 和 Sundaram^[12]采用两个深度卷积神经网络来检测胸部平片图像上的肺结核的工具,且受试者工作特征曲线下面积达 0.99。马璐瑶等^[13]亦开发了具有较高诊断效能的胸部 CT 自动检测的活动性肺结核诊断工具。但既往的 CAD 因可操作性及临床应用等因素的局限,多聚焦于活动性肺结核及耐药性肺结核^[13-15],且对能够同时针对不同分型肺结核的综合 AI 诊断工具尚未开发。而上述针对肺结核的 CAD 工具尚未投入商业使用,目前仍需借助胸部常规 CAD 工具,加以人工分析进行诊断。

3 影像人工智能系统在肺结核影像教学中的意义

医学影像在疾病诊断、治疗过程中起着重要作用。但由于学科专业性较强,对于临床经验尚不丰富的医学生而言,抽象的影像学资料让他们无从下手。虽然经过医学影像学理论课学习,但学生理论学习阶段,多为应付考试而死记硬背文字性的知识,难以应付日常临床工作。医师在阅片过程中,熟悉胸部正常影像学表现,是准确识别病变的前提。这不仅需要医师具有扎实的解剖学知识,更需要大量的临床实践。由于医学生临床实践经验不足,常出现将病变与正常结构混淆的情况^[16]。如,肺血管断面被误认为结节,奇静脉弓被误认为纵隔淋巴结等,亦有部分肺内弥漫性结节病例被误认为是肺内血管结构。一方面, CAD 可以通过算法分析图像特征,将肺内结节与正常肺内血管区分,帮助学生准确将病灶与正常结构进行鉴别,使学生可以利用更多时间研究病灶征象,而非浪费大量时间和精力寻找病灶,因此,大大降低了漏诊与误诊的概率;另一方面,由于肺内各段均含有血管及支气管,较小的病灶,特别是直径小于 3mm 的病灶,常藏匿于肺血管中,通过 CAD 辅助阅片,学生能够逐渐培养识别病变的技能,同时节约大量时间,提升学习效率。

对病变的正确诊断,离不开影像学征象的准确辨认。由于病变的病理改变是其影像学征象的形成基础,基于上述原因,对良恶性征象的准确把握,离不开牢固的病理学知识。在不同性质的病变中,可能存在征象的重叠,对于初学者而言,

难以准确拿捏。CAD 通过分析病变大小、形态学特征(如边缘、密度、强化方式以及与血管和胸膜的关系等)、组学特征,辅助判定病灶的性质,为病变的诊断及鉴别诊断提供具有参考价值的信息^[17]。通过 CAD 的征象判断,学生可以结合课本中的文字描述以及文献查阅,加深了对病变及其影像学征象的认识与理解,使学生形成正确的诊断思路,理论知识在头脑中得到进一步升华。

除了阅片,书写报告也需要耗费医师大量时间和精力。初学者难以把握报告书写的规则与技巧,稍有不慎还可能出现病变方位描述错误、影像所见与诊断意见不一致、错别字等报告书写错误^[18]。而人工智能恰好可以替代部分重复性强但技术性相对不强的工作。一方面,CAD 帮助病变识别与影像征象分析,并根据分析结果自动编辑文字报告供医师参考,节约大量时间和精力,提高工作效率,降低错误发生的概率^[18-19];另一方面,学生可以通过阅读 CAD 出具的报告,把握报告书写的原则,掌握书写规范。

综上所述,基于人工智能的 CAD 系统应用于肺结核病影像学教学中,有助于图像资料定量化、报告书写规范化、影像诊断标准化。它的广泛应用,可为不同层次医学生提供自动化、个性化、精准化的教学模式,对有效提高肺结核的诊断水平,乃至结核病防控大局有重要意义。

参考文献

- [1] LIANG S, MA J, WANG G, et al. The Application of Artificial Intelligence in the Diagnosis and Drug Resistance Prediction of Pulmonary Tuberculosis [J]. *Front Med*, 2022,28(9):935080.
- [2] 国家卫生健康委员会疾控局.2021 年全国法定传染病概况 [J]. *中国病毒病杂志*,2022,12(3):236.
- [3] 陈冲,夏黎明.积极稳妥地推进人工智能在医学影像的应用 [J]. *中华放射学杂志*,2022,56(1):5-8.
- [4] 中华医学会放射学分会传染病放射学专业委员会.肺结核影像学及分级诊断专家共识 [J]. *新发传染病电子杂志*,2018,3(2):118-127.
- [5] 方伟军,何玉麟,许传军,等.《肺结核影像诊断标准》解读 [J]. *新发传染病电子杂志*,2021,6(1):73-78.
- [6] KULKARNI S, JHA S. Artificial Intelligence, Radiology, and Tuberculosis: A Review [J]. *Acad Radiol*,2020,27(1):71-75.
- [7] KUMAR N, BHARGAVA S K, AGRAWAL C S, et al. Chest radiographs and their reliability in the diagnosis of tuberculosis [J]. *JNMA J Nepal Med Assoc*,2005,44(160):138-142.
- [8] KWONG J S, CARIGNAN S, KANG E-Y, et al. Miliary tuberculosis [J]. *Chest*,1996,110(2):339-342.
- [9] LINH N N, MARKS G B, CRAWFORD A B H. Radiographic predictors of subsequent reactivation of tuberculosis [J]. *Int J Tuberc Lung Dis*,2007,11(10):1136-1142.
- [10] 李金芳,郭瑞,马静.人工智能-深度学习技术在肺结节诊断中的初步探究 [J]. *兵团医学*,2020,18(1):14-17.
- [11] 张宁男楠,张璋.人工智能辅助教学在医学影像规范化培训中的新探索 [J]. *教育教学论坛*,2019(25):176-178.
- [12] LAKHANI P, SUNDARAM B. Deep Learning at chest radiography: automated classification of pulmonary tuberculosis by using convolutional neural networks [J]. *Radiology*,2017,284(2):574-582.
- [13] 马璐瑶.基于深度学习的多层螺旋 CT 对活动性肺结核的研发与验证 [D].保定:河北大学,2021.
- [14] BECERRA M C, HUANG C C, LECCA L, et al. Transmissibility and potential for disease progression of drug resistant Mycobacterium tuberculosis: prospective cohort study [J]. *BMJ*,2019,24(367):15894.
- [15] LEE S, YIM J J, KWAK N, et al. Deep Learning to Determine the Activity of Pulmonary Tuberculosis on Chest Radiographs [J]. *Radiology*,2021,301(2):435-442.
- [16] 许阳,管希周.计算机辅助诊断系统在肺结节教学中的应用 [J]. *中外医学研究*,2021,19(10):185-188.
- [17] 张德清,依巴努·阿不都热合曼,胡云方,等.非影像专业住院医师放射科规范化培训带示教学探讨 [J]. *中国继续医学教育*,2022,14(8):190-194.
- [18] 王贵生,陈晓霞,叶菊,等.医学影像人工智能辅助教学在非影像学专业住院医师规范化培训中的初步应用及思考 [J]. *中华灾害救援医学*,2020,8(9):523-524,527.
- [19] 雷永霞,李新春,成程,等.医学影像人工智能教学对住院医师规范化价值提升的影响 [J]. *中国继续医学教育*,2022,14(10):95-98.